Vol.10, No.4, Winter 2022, pp.175-192 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2021.69186.1029 Open access

Investigation of Agricultural Drought Time Series in Darab City using Remote Sensing and Google Earth Engine System

Hossein Esmaeili [a*], Seyed Hossein Mirmousavi [b], Esmaeil Soheili [c]

[a] MA in Climatology, Department of Geography, Faculty of Humanity Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[b] Associate Professor in Climatology, Department of Geography Faculty of Humanity Sciences University of Zanjan, Zanjan, Iran
[c] Assistant Professor in Watershed management, Department of Range and watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 1 March 2021 ***Revised: 5 June 2021*** ***Accepted: 20 June 2021***

Abstract

Drought hazard is one of the natural features of the planet that can occur in all climatic zones so that in some cases it causes irreparable damage. Due to the importance of drought, this study aimed to analyze the time series of agricultural drought in Darab city over 20 years (2000-2020) using remote sensing and satellite images in the Google Earth engine system. Satellite imagery including 460 images of land surface temperature (LST) and vegetation (NDVI) MODIS of Terra satellite was used to calculate the temperature condition index (TCI) and vegetation condition index (VCI). Moreover, using the recorded rainfall data of the Darab synoptic station, the SPI index was calculated by MATLAB software in different time intervals. The results show that according to the extreme dryness class and based on the TCI index, the 2000 with an area of 225.46 square kilometers and also according to the VCI index, the 2013 year with an area of 280.80 square kilometers, had the most dried land area in Darab city. As a result, comparing the numerical value of SPI index for each of the years of the period under study with the amount of non-drought areas obtained from TCI and VCI indices obtained from satellite images, the highest correlation coefficient of 0.76 was observed between the 12-month SPI and the VCI index, which indicates the VCI satellite index as the optimal index indicating the drought situation in Darab city. Another outstanding result of this study is that the use of remote sensing data and Google Earth Engine System to monitor and investigate drought in areas that do not have observational data from land surveys is very useful.

Keywords: Drought Time Series, SPI Index, Darab City, Google Earth Engine (GEE), TCI Index

*. Corresponding author: Hossein Esmaeili. E-mail: Hossein.esmaeili@alumni.znu.ac.ir Tel: +989178390265

How to cite this Article: Esmaeili, H., Mirmousavi, S, Soheili, E. (2022). Investigation of agricultural drought time series in Darab city using remote sensing and Google Earth engine system. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(4), 185-203.
doi: 10.22067/geoeh.2021.69186.1029

Geography and Environmental Hazards
Volume 10, Issue 4 - Number 40, Winter 2022
https://geoeh.um.ac.ir
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69186.1029

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دهم، شمارهٔ چهلم، زمستان ۱۴۰۰ صص ۱۹۲-۱۷۵

مقاله پژوهشی

بررسی سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه گوگل ارث انجین

حسین اسمعیلی[1]– کارشناس ارشد آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
سیدحسین میرموسوی – دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
اسماعیل سهیلی – استادیار آبخیزداری، بخش مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۳/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۳/۳۰

چکیده

مخاطره خشکسالی ازجمله ویژگی‌های طبیعی کره زمین محسوب می‌شود که امکان رخداد آن در تمام مناطق آب و هوایی وجود دارد؛ به‌طوری‌که در پاره‌ای موارد خسارات جبران‌ناپذیری را ایجاد می‌کند. با توجه به اهمیت خشکسالی، این پژوهش با هدف تحلیل سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۹۹ – ۱۳۷۹) با استفاده از سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای در محیط سامانه گوگل ارث انجین انجام شد. تصاویر ماهواره‌ای شامل ٤٦٠ تصویر از محصولات دمای سطح زمین (LST) و پوشش گیاهی (NDVI) سنجنده مودیس ماهواره تررا می‌باشند که از آن‌ها جهت محاسبه شاخص وضعیت دمایی (TCI) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) استفاده شد. همچنین با استفاده از داده‌های بارش ثبت شده ایستگاه سینوپتیک داراب، شاخص SPI به‌وسیله نرم‌افزار MATLAB در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه شد. نتایج به دست آمده حاکی از این است که مطابق با طبقه خشکی بسیار شدید و بر اساس شاخص TCI سال ۱۳۷۹ با مساحت ۲۲۵/٤٦ کیلومترمربع وسعت و همچنین نیز بر اساس شاخص VCI سال ۱۳۹۲ با مساحت ۲۸۰/۸۰ کیلومترمربع وسعت، بیشترین مساحت خشکی را در

---

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۸۳۹۰۲٦٥ Email: Hossein.esmaeili@alumni.znu.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:

اسمعیلی، حسین؛ میرموسوی، سید حسین؛ سهیلی، اسماعیل؛ ۱٤۰۰. بررسی سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب با استفاده از سنجش از دور و سامانه گوگل ارث انجین. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۰(٤). صص ۱۹۲-۱۷٥
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69186.1029

شهرستان داراب داشته‌اند. درنتیجه مقایسه بین مقدار عددی شاخص SPI برای هر یک از سال‌های دوره موردبررسی با میزان مساحت‌های فاقد خشکسالی حاصل از دو شاخص TCI و VCI به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، بیشترین مقدار ضریب همبستگی به میزان ۰/۷۶ بین SPI دوازده‌ماهه و شاخص VCI مشاهده شد که این مطلب نمایانگر شاخص ماهواره‌ای VCI به‌عنوان شاخص بهینه نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی در شهرستان داراب است.

کلیدواژه‌ها: سری زمانی خشکسالی، شاخص SPI، شهرستان داراب، گوگل ارث انجین، شاخص TCI.

۱ – مقدمه

خشکسالی یکی از مخرب‌ترین خطرات طبیعی کره زمین است که میلیون‌ها فرد را در زمینه‌های مختلفی از قبیل امنیت غذایی، مهاجرت و ضررهای اقتصادی تحت تأثیر قرار می‌دهد (کولکارنی و همکاران[۱]، ۲۰۲۰) و به‌صورت مداوم از چندین ماه تا چندین سال اتفاق می‌افتد که در طی آن میزان آب مورد نیاز مناطق کاهش می‌یابد (ویاس و همکاران[۲]، ۲۰۱۵). به‌طوری‌که به‌عنوان جدی‌ترین مشکل در جهت تبعات اجتماعی محسوب می‌شود (هزایمه و حسن[۳]، ۲۰۱٦) بااین‌حال هیچ تعریف پذیرفته شده و یکسان جهانی برای خشکسالی وجود ندارد (توولدبیرهان سیگ[٤]، ۲۰۱۹) و ازآنجایی‌که مشاهده تأثیرات مخرب آن به زمان طولانی نیاز دارد، نحوه مقابله با آن نیز کمتر موردتوجه واقع شده است (علیقلی‌نیا، ۱۳۹۸: ۱۷۷). واضح است که خشکسالی دارای روندی آهسته و در حال تکامل است که با کمبود میزان بارش شروع شده و سپس منجر به از دست رفتن رطوبت خاک و افزایش دمای سطح زمین می‌شود (جی و همکاران[٥]، ۲۰۱۸). نظارت دقیق بر وضعیت خشکسالی پیامدهای مهمی در توسعه پایدار کشاورزی مناطق دارد (شن و همکاران[٦]، ۲۰۱۹). خشکسالی کشاورزی زمانی به وقوع می‌پیوندد که تأثیرات ناشی از خشکسالی بر محصولات کشاورزی قابل رؤیت باشد (نعمتی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۱٤) که در این زمینه داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌های سنجش‌ازدور قادرند به‌طور مداوم توزیع مکانی و زمانی از رشد محصولات و وضعیت خشکسالی را ثبت نمایند (ژو و همکاران[۷]، ۲۰۲۰)؛ بنابراین خشکسالی را می‌توان بر اساس تغییرات مشاهده شده در سلامت پوشش گیاهی و همچنین پوشش اراضی سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور مورد ارزیابی قرار داد (تاکر و چودور[۸]، ۱۹۸۷؛ نعمانی و همکاران[۹]، ۲۰۰۹؛ سیلئوس و همکاران[۱۰]، ۲۰۰٦). بدین‌جهت سنجش‌ازدور

1 Kulkarni et al
2 Vyas et al
3 Hazaymeh & Hassan
4 Teweldebirhan Tsige et al
5 Ji et al
6 Shen et al
7 Zhou et al
8 Tucker & Choudhury
9 Nemani et al
10 Silleos et al

به‌ویژه با گسترش شاخص‌های هدفمند آن، سابقه‌ای طولانی جهت سنجش و نظارت بر ویژگی‌های خشکسالی و تأثیرات آن‌ها بر روی زمین دارد (آقاکوچک و همکاران[1]، ۲۰۱۵). وانگ[2] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از معادلات چند جمله‌ای، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)[3] و دمای سطح زمین، شاخص ETVDI[4] را جهت بررسی خشکسالی مناطق ابداع و معرفی نمودند. جی[5] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و چندین شاخص خشکسالی، وضعیت خشکسالی سیچوان چین را موردبررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از رخ داد خشکسالی شدید بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ در این ناحیه می‌باشد. کیو[6] و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های ماهواره‌های سنجش‌ازدور و شاخص‌های مختلف خشکسالی به تهیه نقشه نوع کشت مطابق با وضعیت خشکسالی برای کشورهای واقع در شاخ افریقا اقدام نمودند. فنگ[7] و همکاران (۲۰۱۹) به‌وسیله داده‌های سنجش‌ازدور مودیس و TRMM و همچنین نیز استفاده از چندین شاخص محاسبه خشکسالی، نقشه‌های خشکسالی ناحیه جنوب شرقی استرالیا را در طی فصول مختلف تهیه نمودند. فیصل[8] و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی خشکسالی منطقه پاپوآ[9] غربی در اندوزی با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور پرداختند که نتیجه مطالعه آن‌ها حاکی از قابلیت بالای سنجش‌ازدور در بررسی وضعیت خشکسالی می‌باشد. بیگ[10] و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی در حوضه رودخانه چیترال[11] کابل با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و چندین شاخص خشکسالی اقدام نمودند. نتیجه کلی مطالعه آن‌ها بیانگر این است که خشکسالی را می‌توان با ادغام منابع مختلف داده به‌درستی ارزیابی نمود. تولدبیرهان سیگ[12] و همکاران (۲۰۲۰) به مقایسه شاخص‌های مختلف خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی در اتیوپی پرداختند. آن‌ها بیان نمودند که جهت برنامه‌ریزی بهتر در مقابله با خشکسالی، باید تفاوت‌های بین خشکسالی کشاورزی و هواشناسی هر منطقه مشخص شود. ژو[13] و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 و مودیس و همچنین نیز استفاده از شاخص‌های NDVI و VTCI نقشه وضعیت خشکسالی دشت گوانژونگ در چین را تهیه نمودند. سلطانی‌فر و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای شهرستان کرمانشاه را با استفاده از تصاویر لندست به لحاظ خشکسالی مورد پایش قرار دادند. نتایج

---

1 AghaKouchak et al
2 Wang
3 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
4 Enhanced Temperature Vegetation Dryness Index (ETVDI)
5 Ji
6 Qu
7 Feng
8 Faisol
9 Papua
10 Baig
11 Chitral
12 Teweldebirhan Tsige
13 Zhou

مطالعه آن‌ها نشـان داد که تصـاویر لندسـت دارای قابلیت مورد نیاز جهت پایش خشـکسـالی می‌باشـند. زرگران و همکاران (۱۳۹۸) به پایش خشـکسـالی روزانه اسـتان کرمانشاه با استفاده از داده‌های پوشش گیاهی حاصل از شاخص NDVI سـنجنده مودیس و داده‌های بارش شبکه INTERIM پرداختند. وجود همبستگی قوی و معنی‌دار بین تغییرات بارندگی داده‌های INTERIM و شـاخص NDVI از نتایج مطالعه آن‌ها می‌باشـد. سـلیمانی ساردو و زارعی (۱۳۹۸) با اسـتفاده از تولیدات سـنجنده مودیس و شـاخص بارش اسـتاندارد شـده SPI[1] حوضـه آبخیز جازموریان را به لحاظ خشـکسـالی مورد پایش قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها بیانگر این اسـت که بخش اعظمی از محدوده موردمطالعه در گسـتره کلاس‌های خشکسالی خیلی شدید و شدید قرا دارد. با توجه به موارد ذکر شده و ازآنجایی‌که شهرستان داراب همچون بسـیاری از مناطق کشور طی سال‌های اخیر با مشکل مخاطره خشکسالی مواجه بوده و از این حیث خسارات بسـیار زیادی در شـهرسـتان بەویژه در بخش کشـاورزی به وجود آمده و معضلاتی را ایجاد نموده است، لذا هدف از انجام این مطالعه پایش و بررسـی سـری زمانی بروز خشـکسـالی شـهرسـتان داراب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و محصـولات سـنجنده مودیس ماهواره ترا[2] در محیط برنامه‌نویسـی سـامانه تحت وب گوگل ارث انجین[3] می‌باشـد تا بدین طریق ضـمن شـناسـایی نواحی تحت تأثیر خشـکسـالی در شـهرسـتان، به‌عنوان راهنمایی جهت برنامه‌ریزی دسـت‌اندرکاران امر در زمینه مقابله با مخاطره خشـکسـالی و پیامدهای آن مورداسـتفاده قرار گیرد. سـامانه گوگل ارث انجین در طی سـال‌های اخیر فرایندهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای را سهل نموده و بدین لحاظ مورد استقبال بسیاری از پژوهشـگران قرار گرفتـه اسـت. از قابلیت‌های گوگل ارث انجین می‌توان به کاهش بسـیار زیاد زمان فرایندهای پردازش تصـاویر، پوشـش وسـیع و امکان دسـترسـی به تصـاویر و داده‌های رایگان کل کره زمین، امکان ایجاد سـری زمانی بررسـی تغییرات پدیده‌های متفاوت، وجود الگوریتم‌های پیش‌فرض، دسـترسی به دو نوع داده‌های خام همراه با تصـحیح اتمسـفری و همچنین داده‌های مربوط به محصـولات و پروداکت‌های مختلف، عدم نیاز به سـخت‌افزارهای قدرتمند و کاهش حجم داده‌ها اشـاره نمود. مطالعات بسـیاری در زمینه تحلیل و بررسـی خشـکسـالی با اسـتفاده از داده‌های سنجش دور صورت گرفته است که به‌عنوان نمونه در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

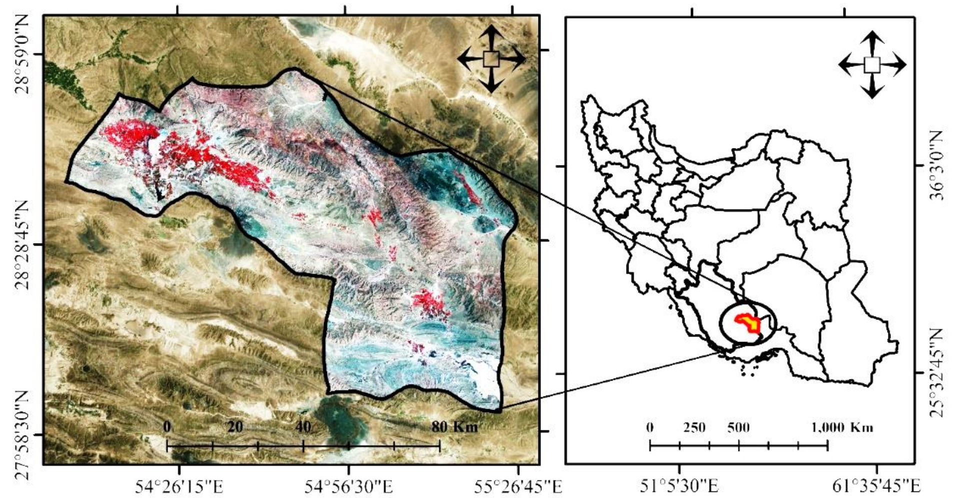
۲ – مواد و روش‌ها

۲ – ۱ – محدوده موردمطالعه

محدوده موردمطالعه در این پژوهش شـهرسـتان داراب یکی از شـهرسـتان‌های استان فارس می‌باشد که در جنوب شـرق این اسـتان قرار دارد و بین ٥٤ درجه و ٠٦ دقیقه و ۰۵ ثانیه تا ٥٥ درجه و ۲۷ دقیقه و ۰۷ ثانیه طول شرقی تا ۲۸ درجه و ۰۱ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۲۸ درجه و ٥٦ دقیقه و ۳۳ ثانیه عرض شـمالی و به فاصـله ۲۵۰ کیلومتری از شـهر

1 The Standardized Precipitation Index (SPI)
2 Terra
3 Google Earth Engine (GEE)

شیراز به‌عنوان مرکز استان فارس قرار دارد (شکل ۱). به لحاظ اقلیمی اکثر بارش‌های شهرستان داراب در طی دوره سرد سال روی می‌دهد و در تابستان‌ها به دلیل دوری از منابع رطوبتی و نبودن عامل صعود هوای مرطوب، حالت هوای گرم و خشک کویری پیدا می‌کند. بر اساس داده‌های ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد موجود در شهرستان میانگین بارش سالانه آن طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۹۹ – ۱۳۷۹)، ۲۳۶/۳ میلی‌متر و میانگین دمای هوای ثبت شده آن ۲۲/۲ درجه سلسیوس می‌باشد. شهرستان داراب از نظر ژئومورفولوژی جزء زاگرس جنوب‌شرقی محسوب می‌شود که در این منطقه، زاگرس به حداکثر پهنای خود رسیده و چهره ظاهری ناهمواری‌ها با سایر بخش‌های زاگرس متفاوت است (علائی طالقانی، ۱۳۸۲). میانگین ارتفاع شهرستان داراب حدود ۱٤۹۱ متر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. قسمت‌های زیادی از شهرستان به علت وجود سنگ چینه‌های شور کننده مانند سنگ‌های سازند هرمز، سازند آغاجاری و سازند ساچون از لحاظ بهره‌برداری با محدودیت مواجه می‌باشند. شهرستان مذکور از لحاظ پوشش گیاهی بسیار غنی و دارای انواع مختلف گیاهان خودرو می‌باشد و تنها در برخی از قسمت‌ها که از خاک‌های شور تشکیل شده گیاهان شوری پسند مانند گز دیده می‌شود (سلیمانی‌شیری، ۱۳۹۱).

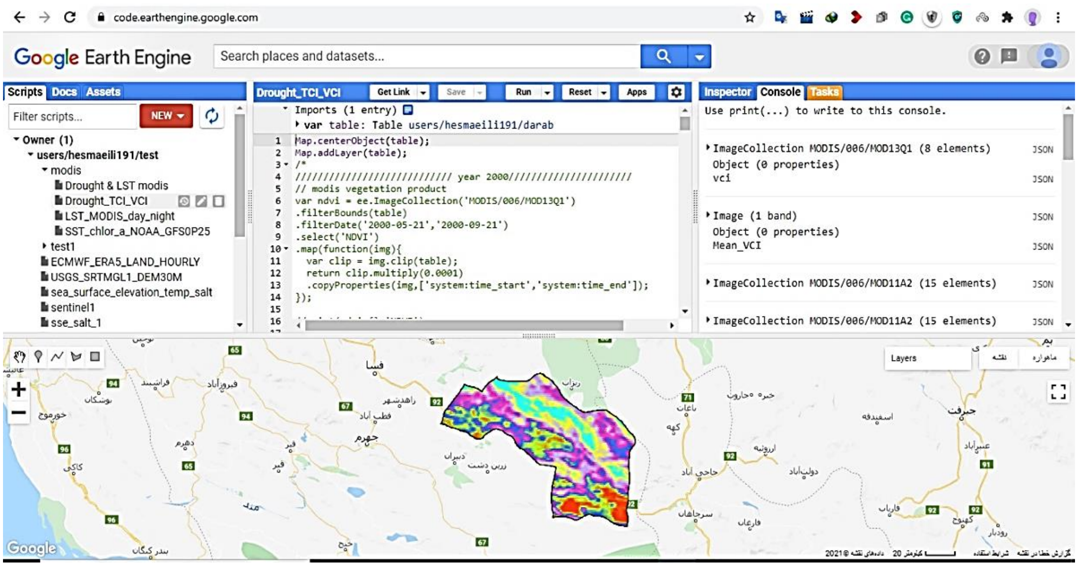


شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای موقعیت جغرافیایی شهرستان داراب

۲ – ۲- داده‌های اقلیمی و ماهواره‌ای مورداستفاده در پژوهش

جهت انجام پژوهش حاضر از دو نوع داده استفاده شده است. یکی داده‌های میزان بارش روزانه ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد داراب، به‌عنوان تنها ایستگاه سینوپتیک موجود در شهرستان که دارای آمار طولانی بارش ثبت شده می‌باشد و داده‌های آن از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۹، جهت محاسبه شاخص SPI در بازه‌های زمانی مختلف مورداستفاده قرار گرفت. آمار مربوطه از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد و ضمن انجام آزمون‌های آماری مانند

آزمون همگنی و آزمون داده‌های پرت، فرایند بازسازی مقادیر ناقص و مفقودی از روش نسبت‌ها بر روی آن‌ها انجام شد. داده دیگر مورداستفاده در این مطالعه شامل تولیدات ماهواره‌ای پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین (LST)[1] مربوط به سنجنده مودیس ماهواره ترِرا می‌باشد که فرایندهای ارزیابی و استفاده از آن‌ها توسط سامانه تحت وب گوگل ارث انجین صورت گرفت. شکل (۲) تصویری از محیط کدنویسی سامانه گوگل ارث انجین را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه پدیده خشکسالی به‌صورت آنی رخ نمی‌دهد و تأثیرات آن بعد از گذشت چندین ماه و یا چندین سال نمایان می‌شود بنابراین در این پژوهش به‌منظور ایجاد سری زمانی تغییرات، از تصاویر مربوط به ماه‌های خرداد تا شهریور هرسال، به دلیل اینکه در این زمان پوشش گیاهی در وضعیت مناسبی قرار دارد، در طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۹۹ – ۱۳۷۹) و درمجموع ٤٦۰ تصویر با توجه به همخوانی زمانی و همچنین تبدیل تصاویر ۸ روزه به ۱٦ روزه، مورد تجزیه‌وتحلیل جهت انجام پایش و ارزیابی خشکسالی مورداستفاده قرار گرفت. در ادامه جدول (۱) ویژگی‌های تصاویر مورداستفاده شده را نشان می‌دهد.



شکل ۲ – محیط کدنویسی سامانه گوگل ارث انجین (GEE)

جدول ۱– مشخصات تصاویر استفاده شده در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹

نام ماهواره	نام سنجنده	نام محصول	کد محصول	قدرت تفکیک مکانی	قدرت تفکیک زمانی
ترِرا	مودیس	دمای سطح زمین (LST)	MOD11A2	۱۰۰۰ متر	۸ روزه
ترِرا	مودیس	پوشش گیاهی (NDVI)	MOD13Q1	۲۵۰ متر	۱٦ روزه

1 Land Surface Temperature (LST)

۲ – ۳ - شاخص‌های استفاده شده جهت بررسی خشکسالی

۲ – ۳ – ۱ - شاخص وضعیت دمایی (TCI)[1]

این شـاخص جهت تعیین دمای مرتبط با تنش پوشـش گیاهی که ممکن است ناشی از رطوبت بیش‌ازحد نیز باشد به‌صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (کوگان[2]، ۱۹۹۵؛ وست و همکاران[3]، ۲۰۱۹):

$$TCI = \left(\frac{T_{Max} - T}{T_{Max} - T_{Min}} \right)$$ رابطه (۱)

که در رابطه فوق T دمای سـطح زمین (LST)، T_{Min} و T_{Max} به ترتیب کمینه و بیشـینه دمای سـطح زمین در محدوده موردمطالعه می‌باشد.

۲ – ۳ – ۲ - شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

شـاخص وضـعیت پوشـش گیاهی از طریق رابطه (۲) زیر محاسـبه می‌شـود (کوگان[4]، ۱۹۹۵؛ وست و همکاران[5]، ۲۰۱۹):

$$VCI = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)$$ رابطه (۲)

که در آن NDVI شـاخص نرمال شـده تفاوت پوشش گیاهی، $NDVI_{max}$ و $NDVI_{min}$ به ترتیب میانگین بیشینه و کمینه شـاخص NDVI می‌باشد. این شاخص شرایط غالب پوشش گیاهی را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که اگر مقدار آن به صـفر نزدیک شـود خشـکسـالی شدید رخ می‌دهد (فرامرزی و نوری، ۱۳۹٤: ۱٤٥). مطابق با مطالعات و بررسی‌های انجام شـده مقادیر شـاخص‌های TCI ،VCI در پنج کلاس به شـرح جدول (۲) قابل دسـته‌بندی می‌باشـند (رسـتمی و همکاران، ۱۳۹٦: ۲۱۹؛ سـلیمانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۱؛ اسـدی می‌آبادی، ۱۳۹٤: ۳۰؛ رضـایی‌بنفشـه، ۱۳۹٤: ۱۱۸؛ سـلطانی‌فر و همکاران، ۱۳۹۸: ۱٤۱؛ تنکبیل و گامگی[6]، ۲۰۰٤؛ فرهمند[7]، ۲۰۱٦):

جدول ۲- کلاس‌های مختلف شاخص‌های TCI ،VCI

وضعیت خشکی	ارزش پیکسل	وضعیت خشکی	ارزش پیکسل
خشکی بسیار شدید	۱۰>	خشکی ملایم	٤۰ – ۳۰
خشکی شدید	۲۰ – ۱۰	بدون خشکی	٤۰ <

1 Temperature Condition Index (TCI)
2 Kogan
3 West et al
4 Kogan
5 West et al
6 Thenkabail & Gamage
7 Farahmand

وضعیت خشکی	ارزش پیکسل	وضعیت خشکی	ارزش پیکسل
خشکی متوسط	۳۰ – ۲۰	–	–

۲ – ۳ – ۳ – شاخص بارش استاندارد شده SPI

جهت برآورد خشکسالی هواشناسی، شاخص SPI که توسط مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) ارائه شده و دارای قابلیت و اعتبار بالایی می‌باشد، مورداستفاده بسیاری از محققین و پژوهشگران قرار می‌گیرد. شاخص SPI در بازه زمانی بلندمدت با وقوع سیلاب‌ها، تغییرات سطح آب موجود در مخازن سدها و همچنین نوسانات منابع آب زیرزمینی در ارتباط می‌باشد (مک‌کی و همکاران[1]، ۱۹۹۳). جهت محاسبه شاخص SPI از رابطه (۳) استفاده می‌شود:

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$ رابطه (۳)

که در رابطه (۳) SPI شاخص بارش استاندارد، P_i معادل بارش سال مفروض برحسب میلی‌متر، $\bar{P}$ برابر با میانگین بارش درازمدت ایستگاه موردنظر و SD انحراف معیار بارش می‌باشد. طبقات این شاخص به‌صورت جدول (۳) می‌باشد. مقادیر درجه‌بندی این شاخص بدین‌صورت است که مقادیر مثبت بیانگر مقادیر بیشتر از میانه بارندگی و مقادیر منفی، مقادیر کمتر از کمینه بارندگی می‌باشد. طبقات مختلف شاخص SPI در جدول ارائه شده است.

جدول ۳- طبقه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI

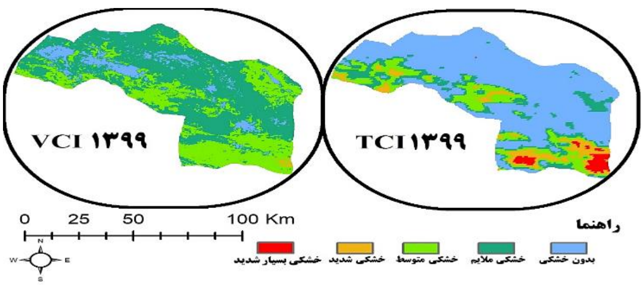
طبقه خشکی	مقدار SPI
ترسالی بسیار شدید	۲ ≤ SPI
ترسالی شدید	۱/۵ ≤ SPI ≤ ۱/۹۹
ترسالی متوسط	۱/٤۹ ≤ SPI ≤ ۱
ترسالی خفیف (نرمال)	۰/۹۹ ≤ SPI ≤ ۰/۰۰
خشکی خفیف (نرمال)	۰/۰۰ ≤ SPI ≤ -۰/۹۹
خشکی متوسط	-۱/۰۰ ≤ SPI ≤ -۱/٤۹
خشکسالی شدید	-۱/۵ ≤ SPI ≤ -۱/۹۹
خشکسالی بسیار شدید	SPI ≤ -۲/۰۰

1 McKee et al

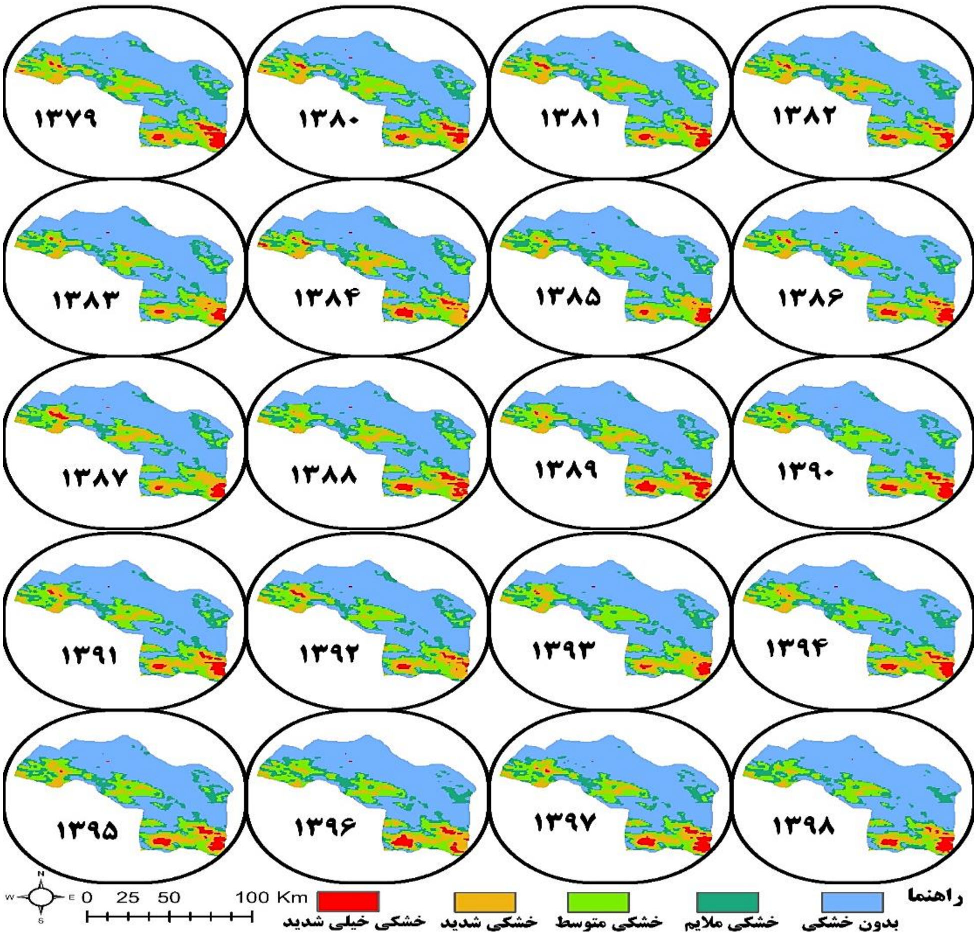
۳ – نتایج و بحث

۳- ۱ – بررسی وضعیت خشکسالی شهرستان داراب بر اساس شاخص‌های خشکسالی TCI و VCI

ازجمله شاخص‌های ماهواره‌ای به کار رفته در این پژوهش جهت پایش و ارزیابی خشکسالی شاخص وضعیت دمایی (TCI) می‌باشد که جهت محاسبه آن از پروداکت دمای سطح زمین (LST) استفاده شد. اصولاً از شاخص TCI جهت تعیین دمای مرتبط با تنش پوشش گیاهی و همچنین تنش ناشی از رطوبت بیش‌ازحد استفاده می‌شود. اگر مقدار عددی ناشی از این شاخص به ۱۰۰ برسد نشان‌دهنده عدم خشکسالی می‌باشد. از طرف دیگر هرچه مقدار این شاخص به صفر نزدیک شود نشان‌دهنده شرایط خشکی و وقوع خشکسالی می‌باشد؛ بنابراین با توجه به میزان مساحت طبقات مختلف این شاخص در این پژوهش مشخص شد که بالاترین مساحت خشکی با طبقه خیلی شدید در سال ۱۳۷۹ به میزان ۲۲۵/٤٦ کیلومترمربع و پس‌ازآن به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ بیشترین مساحت خشکی خیلی شدید در شهرستان داراب اتفاق افتاده است. از سویی دیگر کمترین میزان مساحت خشکی خیلی شدید نیز مربوط به سال ۱۳۸۳ به مساحت ۹۲/۳٤ کیلومترمربع می‌باشد. از لحاظ طبقه مناطق بدون خشکی نیز سال‌هایی که بیشترین مساحت بدون خشکی را داشته‌اند مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ است که هر دو سال مذکور به‌صورت مشابه و یکسان دارای مساحتی برابر با ٤٢٦٤/٤١ کیلومترمربع می‌باشند و در مرتبه بعد سال ۱۳۸٦ با مساحت ۳۹۷۹/۸۲ کیلومترمربع بیشترین مساحت بدون خشکی را داشته است. مساحت سایر طبقات شاخص TCI در جدول (٤) به تفکیک سال ارائه شده است. در ادامه نقشه‌های حاصل از شاخص TCI برای دوره موردبررسی به تفکیک هرسال در اشکال (۳ و ٤) ارائه شده است. از یافته‌های قابل‌توجه پژوهش این است که نقشه‌های شاخص خشکسالی TCI برای دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ شرایط کاملاً یکسان و مشابهی را نشان می‌دهند به‌طوری‌که قبلاً نیز بیان شد مساحت طبقات مختلف خشکی در آن‌ها کاملاً یکسان می‌باشد که این امر حاکی از این است که شرایط تنش دمایی و همچنین تنش ناشی از رطوبت در طی این دو سال در محدوده موردمطالعه یکسان بوده است.



شکل ۳- نقشه‌های شاخص وضعیت دمایی (TCI) و وضعیت پوشش گیاهی (VCI) شهرستان داراب در سال ۱۳۹۹



شکل ٤- نقشه‌های شاخص وضعیت دمایی (TCI) شهرستان داراب برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸

جدول ٤- مساحت طبقات خشکسالی شهرستان داراب در شاخص وضعیت دمایی (TCI) به کیلومترمربع

سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
۱۳۷۹	۲۲۵/٤٤	۸۰۱/۵۹	۱۰۲۹/۲۱	۱۰۵۳/۹٦	۳۵٦۸/۷۷
۱۳۸۰	۱۵۹/۰۲	۷۳۸/٦۹	۱۰۳۵/۷۷	۱۰۷۸/۸۲	۳٦٦٦/٦۸
۱۳۸۱	۱۸٦/٤٦	۷٤۲/۲٦	۱۱۲۲/۹۸	۱۰٤۹/٦۰	۳۵۷۷/٦۹
۱۳۸۲	۱٦٤/۱۵	۸۲۰/۱۰	۸۹۹/۷۲	۱۰٤۰/٦۸	۳۷۵٤/۳٤
۱۳۸۳	۹۲/۳٤	٦۳٤/۳۱	۹۹۱/۳۹	۱۰۳۷/۳۳	۳۹۲۳/٦۲
۱۳۸٤	۱٤٤/۹۷	۸۲٤/۱۱	۹۲۳/۳٦	۱۰۰۱/۸۷	۳۷۸٤/٦۷
۱۳۸۵	۱۲٦/۲٤	۵۲٦/۵۸	۱۰۲٤/۸٤	۱۰۸۳/۲۸	۳۹۱۸/۰٤
۱۳۸٦	۱۷۱/۹٦	٦٦۳/۹۷	۹۵٤/۳٦	۹۰۸/۸٦	۳۹۷۹/۸۲
۱۳۸۷	۱۳۹/۱۷	۷۰۰/۳۳	۹٦۹/۰۸	۱۰۲۲/٦۱	۳۸٤۷/۷۹
۱۳۸۸	۱۸۱/۵۵	٦۷٦/۲٤	۱۰۸۱/٤۹	۱۰۱۹/٤۹	۳۷۲۰/۲۱

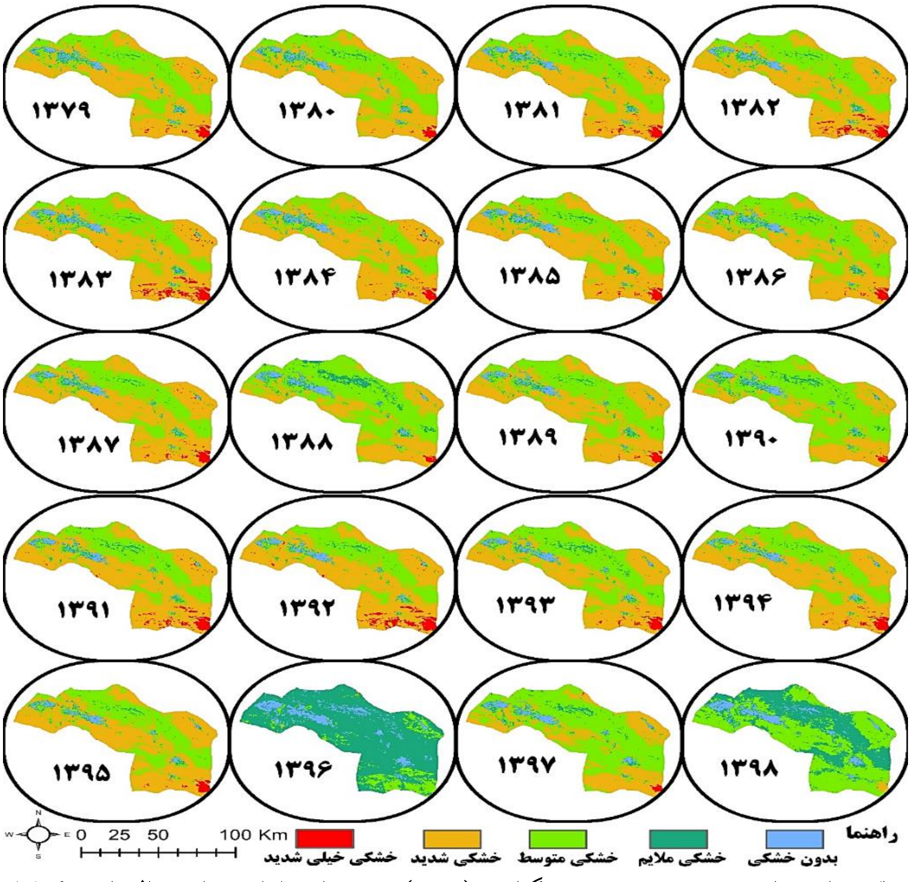
سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
۱۳۸۹	۲۲۰/۵۸	۷٤۱/۱٤	۹۸۵/۵۹	۹٦۰/۳۹	۳۷۷۱/۲۹
۱۳۹۰	۲۰۱/٦۲	٥٤۳/۰۹	۱۰٤٤/٤۷	۹۹٥/٦۲	۳۸۹٤/۱۸
۱۳۹۱	۱٥۷/۰۲	۷۱۱/۲٦	۹۹۸/۹۷	۱۰٥٤/۷۳	۳۷٥۷/۰۱
۱۳۹۲	۹۸/٥۸	٦٦۳/٥۳	۱۰٦٤/۱۰	۱۰۳٥/۹۹	۳۸۱٦/۷۸
۱۳۹۳	۹۹/۰۳	٥۹٥/۰٦	۱۰٥۰/۷۱	۱۰٥۲/٥۰	۳۸۸۱/٦۹
۱۳۹٤	۱٦۸/۸٤	٦٤٥/۲٤	۱۰٤۷/۳۷	۱۰۲۹/۰۸	۳۷۸۸/٤٦
۱۳۹٥	۱۸۸/٤٦	٦۱۱/٥٦	۱۰۰٥/۲۲	۱۰۰۸/۷۸	۳۸٦٤/۹٦
۱۳۹٦	۱٤٦/۷٦	٦٤۳/٤٥	۹٦٥/۷٤	۹۷٤/۲۱	۳۹٤۸/۸۲
۱۳۹۷	۲۱٥/۰۱	٦۲۱/۸۲	۹۲۸/۲۷	۹٥٦/۱٥	۳۹٥۷/۷٤
۱۳۹۸	۱۷۱/٤۷	٤٦۲/۱۳	۸۹۳/۹۲	۸۸٦/۷۸	٤۲٦٤/٤۱
۱۳۹۹	۱۷۱/٤۷	٤٦۲/۱۳	۸۹۳/۹۲	۸۸٦/۷۸	٤۲٦٤/٤۱

با توجه به شـاخص وضـعیت پوشـش گیاهی (VCI) و بررسـی‌های صـورت گرفته بیشترین مساحت خشکی با طبقه خشـکی خیلی شـدید مربوط به سـال ۱۳۹۲ با مساحت ۲۸۰/۸۰ کیلومترمربع و در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ بیشـترین مسـاحت خشکی با طبقه خیلی شدید را تجربه کرده‌اند. کمترین میزان مساحت طبقه خشکی خیلی شـدید نیز مربوط به سـال ۱۳۹۹ به مسـاحت ۱۱/۹۹ کیلومترمربع می‌باشد. از سویی دیگر سال ۱۳۹٦ با مساحت ٦۱۳/٦۸ کیلومترمربع بیشـترین مسـاحت طبقه بدون خشکی را دارا بوده است. در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷ بیشـترین مسـاحت طبقه بدون خشـکی را بر اسـاس شـاخص VCI تجربه کرده‌اند که این امر بیانگر وقوع ترسـالی در سال‌های مذکور می‌باشد اشکال (۵ و ۳). مساحت طبقات مختلف شاخص VCI در جدول (۵) به تفکیک سال ارائه شده است.

جدول ۵- مساحت طبقات خشکسالی شهرستان داراب در شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) به کیلومترمربع

سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
۱۳۷۹	۱۱٤/٥۹	۳٦۹۱/۰٤	۲٤۹٦/٥۸	۲۰۲/٤۱	۱۷٤/۳٦
۱۳۸۰	۸٥/۰۹	۳٥٥٤/٥٤	۲٦۳۱/۲٤	۲۳۹/۸۸	۱٦۸/۲۳
۱۳۸۱	۱۳٤/۱٦	۳۷۲۰/۷٦	۲٤۲٤/۲۱	۲۲۳/٦۰	۱۷٤/۲٦
۱۳۸۲	۲۱۳/٥۰	۲٦۸٤/٤٦	۲۳۸۷/٥۸	۲۱۳/۸٤	۱۷۹/٦۰
۱۳۸۳	۲٤۹/۰۸	۳۸۹۹/۱۹	۲۱۱۹/۱۰	۲۰٤/۹۲	۲۰٦/۷۰
۱۳۸٤	۱۳۳/٥٥	٤۱۱٦/٤۲	۲۰۱٤/۳۳	۲۰٦/۲۰	۲۰۸/٤۹
۱۳۸٥	۱۱۱/۳٥	٤۰۳٤/۸٥	۲۱۲۰/٦٦	۲۲۰/۱٤	۱۹۱/۹۸
۱۳۸٦	۹۹/٥۹	۳۲۲٦/۷٤	۲۹۰۰/۷۲	۲٥۲/۲۰	۱۹۹/۷۳

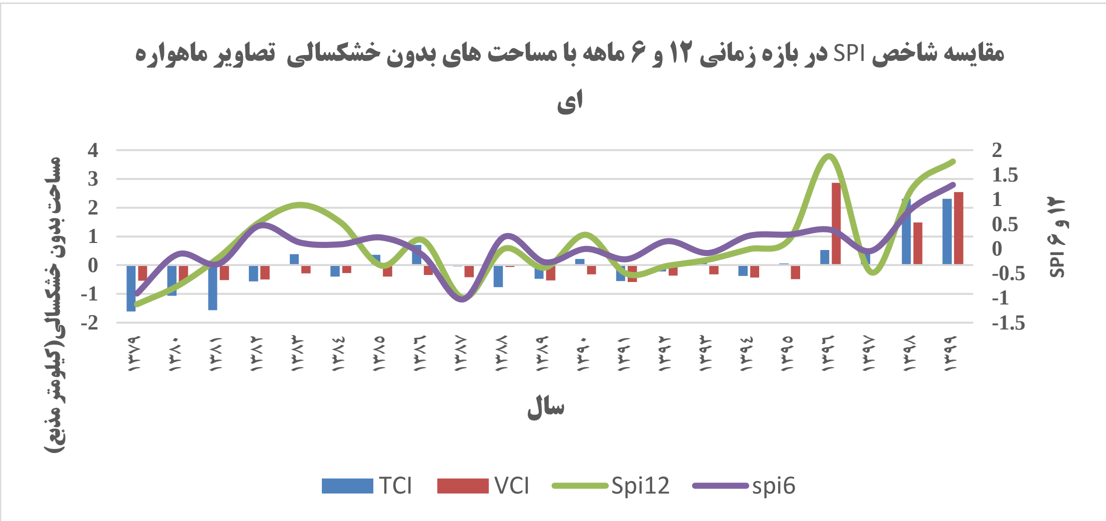
سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
١٣٨٧	١٢٩/٧٠	٣٩٥٧/٥٦	٢٢٠٢/٠١	١٩٩/٦٨	١٩٠/٠٣
١٣٨٨	٤٨/٣٥	٢٢٦٦/٦٤	٣٦٤٤/٩٨	٤٨٢/٧١	٢٣٦/٣١
١٣٨٩	٨٧/٥٥	٣٤٧٠/٧٩	٢٧٢٨/٦٥	٢١٦/٨٥	١٧٥/١٤
١٣٩٠	٤٨/٧٩	٢٢٠٧/٥٩	٣٨٨٠/٩٠	٣٣٨/٩٠	٢٠٢/٨٠
١٣٩١	٢٠٥/٤٢	٣٩١٩/٥٩	٢١٥١/٩٤	٢٣٣/٨٠	١٦٨/٢٣
١٣٩٢	٢٨٠/٨٠	٣٩٩٦/٧١	٢٠١٧/٥١	١٨٧/٤١	١٩٦/٥٥
١٣٩٣	١٣١/٦٥	٣٣١٢/٦٦	٢٧٥٩/٧٦	٢٧٢/١١	٢٠٢/٨٠
١٣٩٤	١٥٥/١٣	٣٩٤٣/٢٩	٢٢٠٨/٩٨	١٨٢/٧٨	١٨٨/٨٠
١٣٩٥	١٠١/٦٥	٣٨٢٣/٥٢	٢٣٧٩/٨٨	١٩٢/٧٦	١٨١/١٦
١٣٩٦	١٣/٥٠	١٤/١٧	٧٧٩/٤٥	٥٢٥٨/١٨	٦١٣/٦٨
١٣٩٧	٤٨/٤٠	٢٣٢٥/٦٣	٣٧٤٦/٣٥	٣١٠/٣٦	٢٤٨/٢٤
١٣٩٨	١٣/١٦	٨٠/٢٤	٣٦٢٨/٨٧	٥٢٢٢/٠١	٤٣٤/٧٠
١٣٩٩	١١/٩٩	٣٤/٤٦	٢١٩٢/٥٩	٣٨٦٧/٥١	٥٧٢/٤٢



شکل ۵- نقشه‌های شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) شهرستان داراب برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸

۳ – ۲ – بررسی وضعیت خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در ایستگاه سینوپتیک محدوده مورد مطالعه

همانگونه که در قسمت‌های قبل عنوان شد در این پژوهش از داده‌های ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد داراب که دارای آمار طولانی مدت بارش ثبت شده می‌باشد، از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۹ جهت محاسبه شاخص خشکسالی SPI در بازه‌های زمانی یک ماهه، سه ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه استفاده شد. جهت محاسبه شاخص SPI از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد. بر اساس یافته‌های تحقیق بیشترین میزان خشکسالی بر اساس شاخص مذکور، در سال ۱۳۷۹ همراه با طبقه خشکسالی خفیف و سال ۱۳۸۷ همراه با طبقه خشکسالی متوسط روی داده است. در ادامه جهت تعیین مطلوب‌ترین شاخص ماهواره‌ای نشان دهنده خشکسالی در منطقه مورد مطالعه به مقایسه بین مقدار عددی شاخص SPI برای هر یک از سال‌های موردبررسی با میزان مساحت‌های فاقد خشکسالی سال متناظر حاصله از دو شاخص TCI و VCI به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای اقدام شد شکل (٦). (شایان ذکر است جهت یکسان سازی واحد مساحت مناطق فاقد خشکسالی حاصل از شاخص TCI و VCI با شاخص SPI، از روش استاندارد سازی Z-Score استفاده شده است). همچنین مطابق با بررسی صورت گرفته بیشترین مقدار ضریب همبستگی پیرسون به میزان ۰/۷٦ بین SPI دوازده ماهه و شاخص VCI مشاهده گردید که این مطلب نمایانگر شاخص ماهواره‌ای بهینه و مطلوب نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ٦– نمودار مقایسه شاخص SPI با مساحت‌های بدون خشکی حاصل از شاخص‌های ماهواره‌ای TCI و VCI

٤ – جمع‌بندی

در طی سال‌های اخیر پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای موجب شده تا داده‌های بسیار زیادی با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب و همچنین قابلیت پوشش مناطق وسیع در دسترس پژوهشگران، محققین و همچنین دست‌اندرکاران علوم محیطی و علوم زمین قرار گیرد. ازجمله زمینه‌های کاربردی استفاده از این داده‌های ارزشمند، ارزیابی و پایش خشکسالی مناطق مختلف به‌ویژه مناطقی می‌باشد که در آن‌ها به دلیل شرایط خاص خود امکان برداشت و ثبت داده‌های حاصل از مشاهده و اندازه‌گیری زمینی آن‌ها وجود نداشته و یا اینکه بسیار سخت، صعب‌العبور و پرهزینه است که شهرستان داراب از این امر مستثنی نیست؛ لذا در این پژوهش جهت ارزیابی و پایش سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۹۹ – ۱۳۷۹) از داده‌های ماهواره‌ای و همچنین شاخص‌های پرکاربرد سنجش‌ازدوری از قبیل شاخص‌های وضعیت دمایی (TCI) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) استفاده شد. نتایج ارزیابی شاخص TCI حاکی از این است که در طی دوره موردبررسی بیشترین مساحت خشکی با طبقه خیلی شدید در سال ۱۳۷۹ به میزان ۲۲٥/٤٦ کیلومترمربع و پس از آن به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹٥ بیشترین مساحت خشکی طبقه خیلی شدید در شهرستان داراب اتفاق افتاده است. همچنین نیز سال‌هایی که بیشترین مساحت بدون خشکی را داشته‌اند مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ که هر دو سال مذکور بصورت مشابه و یکسان دارای مساحتی برابر با ٤٢٦٤/٤١ کیلومترمربع می‌باشند و همچنین نیز در مرتبه بعد سال ۱۳۸٦ با مساحت ۳۹۷۹/۸۲ کیلومترمربع وسعت بیشترین میزان طبقه بدون خشکی را داشته است. یکی از یافته‌های قابل توجه پژوهش حاضر این است که نقشه‌های شاخص خشکسالی TCI برای دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ شرایط کاملاً یکسان و مشابهی را نشان می‌دهند که این امر حاکی از این است که شرایط تنش دمایی و همچنین تنش ناشی از رطوبت در طی این دو سال در محدوده مورد مطالعه یکسان بوده است.

با توجه به شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) بیشترین مساحت خشکی با طبقه خشکی خیلی شدید مربوط به سال ۱۳۹۲ با مساحت ۲۸۰/۸۰ کیلومترمربع و در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ بیشترین مساحت خشکی با طبقه خیلی شدید را تجربه کرده‌اند. کمترین میزان مساحت طبقه خشکی خیلی شدید بر اساس شاخص VCI نیز مربوط به سال ۱۳۹۹ به مساحت ۱۱/۹۹ کیلومترمربع می‌باشد. از سویی دیگر سال ۱۳۹٦ با مساحت ٦۱۳/٦۸ کیلومترمربع بیشترین مساحت طبقه بدون خشکی را دارا بوده است. در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷ بیشترین مساحت طبقه بدون خشکی را بر اساس شاخص VCI تجربه کرده‌اند. جهت تعیین مطلوب‌ترین شاخص ماهواره‌ای نشان دهنده خشکسالی در شهرستان داراب به مقایسه بین مقدار عددی شاخص SPI برای هر یک از سال‌های دوره موردبررسی با میزان مساحت‌های فاقد خشکسالی سال متناظر حاصله از دو شاخص TCI و VCI به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای اقدام شد. مطابق با بررسی صورت گرفته بیشترین مقدار ضریب همبستگی پیرسون به میزان ۰/۷٦ بین SPI دوازده ماهه و شاخص VCI مشاهده گردید که این مطلب

نمایانگر شـاخص ماهواره‌ای بهینه نشـان‌دهنده وضـعیت خشـکسـالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشـد و این امر دارای همسـویی و مشـابهت با پژوهش‌های انجام شده توسط سالازار[1] و همکاران (۲۰۰۸)، رضایی‌بنفشه و همکاران (۱۳۹٤) و اسـدی می‌آبادی و همکاران (۱۳۹٤) در محدوده‌های موردبررسـی خود می‌باشـد که در مطالعه خود جهت بررسـی وضـعیت خشـکسالی از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص VCI استفاده نموده‌اند و به این نتیجه رسیدند که شاخص VCI دارای قابلیت زیادی جهت پایش خشـکسـالی کشـاورزی مناطق و همچنین در رابطه با عملکرد محصـولات زراعی می‌باشـد. یکی از مزیت‌ها و تفاوت‌های مهم این مطالعه نسـبت به تحقیقات مشابه نامبرده و سایر تحقیقاتی از این قبیل که با کمک تصـاویر ماهواره‌ای به بررسـی مخاطره خشـکسـالی مناطق مختلف اقدام نموده‌اند، این اسـت که در این مطالعه از تعداد زیادی تصـاویر ماهواره‌ای در قالب سـری زمانی (٤٦٠ تصـویر به فاصـله هر ١٦ روز) جهت بررسـی وضـعیت خشـکسـالی اسـتفاده شـده اسـت که اسـتفاده از فرایند سری زمانی تصاویر و افزایش تعداد تصاویر، باعث می‌شـود که پایش و بررسـی تغییرات خشـکسالی در سال‌های مختلف بهتر نمود پیدا کند، بنابراین این امر موجب شد که تحقیق حاضـر از این حیث نسـبت به مطالعات نامبرده و سـایر مطالعاتی که تنها یک تصـویر منتخب از یک سال را به‌عنوان نماینده و الگوی سـال مورد نظر لحاظ می‌کنند، دارای برتری باشـد. مزایای دیگر تحقیق صـورت گرفته نسبت به سـایر مطالعات مشـابه این اسـت که تحقیق حاضـر در محیط سامانه تحت وب گوگل ارث انجین و به‌وسیله فرایند کدنویسـی به‌عنوان فرایندی پویا و با قابلیت‌های بالا انجام شـده اسـت که کاهش بسـیار زیاد زمان فرایندهای پردازش تصـاویر، امکان ایجاد سـری زمانی بررسـی تغییرات پدیده‌های متفاوت، دسـترسـی به دو نوع داده‌های خام و همراه با تصـحیح اتمسـفری و همچنین داده‌های مربوط به محصـولات و پروداکت‌های ماهواره‌ها و سنجنده‌های مختلف، عدم نیاز به سـیسـتم سـخت افزاری و نرم‌افزاری قدرتمند و همچنین نیز کاهش حجم داده‌ها از قابلیت‌های مهم و اسـاسـی سـامانه گوگل ارث انجین و فرایند کدنویسـی آن محسـوب می‌شود که استفاده از این مهم برتری تحقیق حاضر نسبت به سـایر تحقیقات مشـابه را نشـان می‌دهد. از دیگر نتایج برجسـته تحقیق حاضـر این اسـت که اسـتفاده از داده‌های سـنجش‌ازدور و سـامانه گوگل ارث انجین جهت پایش و بررسـی خشـکسالی در مناطقی که فاقد داده‌های مشاهداتی حاصـل از برداشـت‌های زمینی می‌باشـد بسـیار سـودمند می‌باشـد لذا به مدیران و برنامه‌ریزان حیطه علوم محیطی شـهرسـتان داراب توصـیه می‌شـود که در اهداف و اقدامات آتی خود جهت برنامه‌ریزی مواردی مانند مقابله با مخاطره خشکسالی به این مهم توجه نمایند.

1 Salazar

کتابنامه

اسـدی می‌آبادی، احمد؛ اخضـری، داود؛ نوری، حمید؛ بشـیرگنبد، محمد؛ ۱۳۹٤. مطالعه اثر خشـکسـالی بر تغییرات پوشـش گیاهی در اراضی مرتعی و کشاورزی بر مبنای داده‌های میدانی و ماهواره‌ای (مطالعه موردی: جنوب استان همدان). *نشریه مرتعداری*. سال دوم. شماره ۱.

رسـتمی، امین؛ بزانه، محمد؛ رائینی، محمود؛ ۱۳۹٦. پایش مکانی و زمانی خشـکسـالی کشاورزی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و فن آوری سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی). *نشریه دانش آب و خاک*. جلد ۲۷. شماره ۱. صص ۲۲٦ – ۲۱۳.

رضـایی‌بنفشــه، مجید؛ رضـایی، علی؛ فریدپور، مجتبی؛ ۱۳۹٤. تحلیل خشـکسالی کشاورزی استان آذربایجان شرقی با تاکید بر سنجش‌ازدور و شاخص وضعیت پوشش گیاهی. *نشریه دانش آب و خاک*. جلد ۲۵. شماره ۱. صص ۱۲۳ – ۱۱۳.

زرگران، پریما؛ بذرافشـان، جواد؛ آقاشریعتمداری، زهرا؛ حجابی، سمیه؛ کمالی، سعیده؛ ۱۳۹۸. پایش روزانه خشکسالی بر پوشـش گیاهی با اسـتفاده از داده‌های بارش شبکه INTERIM و تصاویر سنجنده مودیس MODIS (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). *نشریه هواشناسی کشاورزی*. جلد ۷. پاییز و زمستان. صص ١٤ – ۳.

سـلطانی‌فر، میلاد؛ سـلطانی، هادی؛ کله‌هوئی، مهین؛ سـلیمانی، کریم؛ ۱۳۹۸. پایش خشـکسـالی منطقه‌ای با استفاده از تصـاویر لندسـت، منطقه مورد مطالعه: شهرستان کرمانشاه. *فصلنامه علمی – پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*. دوره ۲۸. شماره ۱۰۹. صص ۱٤٦ – ۱۳۷.

سـلیمانی، کریم؛ درویشـی، شـادمان؛ شـکریان، فاطمه؛ ۱۳۹۸. تحلیل خشـکسالی کشاورزی با استفاده از شاخص‌های سـنجش‌ازدور (مطالعه موردی: شـهرسـتان مریوان). *نشـریه سـنجش‌ازدور و سـامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. دوره ۱۰. شماره ۳۵. صص ۳۳ – ۱۵.

سـلیمانی‌ساردو، مجتبی؛ زراعی، مهدی؛ ۱۳۹۸. پایش خشکسالی با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS و مقایسه با شـاخص هواشناسی SPI در دوره‌های کوتاه مدت (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جازموریان). *پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز*. سال دهم. شماره ۲۰. پاییز و زمستان. صص ۲٦۱ – ۲۵۰.

سـلیمانی‌شـیری، محمدرضـا؛ ۱۳۹۱. *مکان‌یابی اراضی مستعد جهت اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار و سطحی با اسـتفاده از GIS (مطالعه موردی: دشـت داراب)*. پایان‌نامه کارشـناسـی ارشـد. اسـاتید راهنما: ناصـری، عبدالعلی؛ ایزدپناه، زهرا. رشته مهندسی آب. دانشگاه شهید چمران اهواز.

علائی طالقانی، محمود؛ ۱۳۸۲. *ژئومورفولوژی ایران*. انتشارات قومس.

علیقلی‌نیا، توحید؛ رسـولی‌مجد، نگار؛ هزارجریبی، ابوطالب؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و مقایسـه شـاخص‌های خشـکسالی استان آذربایجان غربی با اسـتفاده از شـاخص PNI، CZI، SPI و سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی (GIS). *مجله علوم و مهندسی آبیاری*. جلد ٤۲. شماره ۱. صص ۱۸۸ – ۱۷۵.

فرامرزی، محمد؛ نوری، حمید؛ ۱۳۹٤. بررسی و امکان‌سنجی کارایی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره لندست در تحلیل خشکسالی کشاورزی (مطالعه موردی: شهرستان ملایر). *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. سال ۳۰. شماره ۳. صص ۱۵۲ – ۱۳۹.

نعمتی، احمد؛ قریشی نجف آبادی، سیدحسین؛ جودکی، غلامرضا؛ موسوی ندوشنی، سیدسعید؛ ۱۳۹۸. ارزیابی شاخصه‌های خشکسالی کشاورزی حوضه آبریز فلات مرکزی ایران با استفاده از ماهواره گرانش‌سنجی. *تحقیقات آب و خاک ایران*. دوره ۵۰. شماره ۲. خرداد و تیر.

AghaKouchak, A. et al., 2015. Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. Reviews of Geophysics, 53(2): 452-480.

Baig, M.H.A. et al., 2020. Assessing Meteorological and Agricultural Drought in Chitral Kabul River Basin Using Multiple Drought Indices. Remote Sensing, 12(9): 1417.

Faisol, A., Indarto, I., Novita, E. and Budiyono, B., 2020. An Application of MODIS Surface Reflectance Product for Drought Assessment on Agriculture Area in Manukwari–West Papua–Indonesia, E3S Web of Conferences. EDP Sciences, pp. 01001.

Farahmand, A., 2016. Frameworks for Improving Multi-Index Drought Monitoring Using Remote Sensing Observations, UC Irvine.

Feng, P., Wang, B., Li Liu, D. and Yu, Q., 2019. Machine learning-based integration of remotely-sensed drought factors can improve the estimation of agricultural drought in South-Eastern Australia. Agricultural Systems, 173: 303-316.

Hazaymeh, K. and Hassan, Q.K., 2016. Remote sensing of agricultural drought monitoring: A state of art review. Aims Environmental Science, 3(4): 604.

Ji, T., Li, G., Yang, H., Liu, R. and He, T., 2018. Comprehensive drought index as an indicator for use in drought monitoring integrating multi-source remote sensing data: a case study covering the Sichuan-Chongqing region. International Journal of Remote Sensing, 39(3): 786-809.

Kogan, F.N., 1995. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in space research, 15(11): 91-100.

Kulkarni, S.S. et al., 2020. Developing a Remote Sensing-Based Combined Drought Indicator Approach for Agricultural Drought Monitoring over Marathwada, India. Remote Sensing, 12(13): 2091.

McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Boston, pp. 179-183.

Nemani, R. et al., 2009. Monitoring and forecasting ecosystem dynamics using the Terrestrial Observation and Prediction System (TOPS). Remote Sensing of Environment, 113(7): 1497-1509.

Qu, C., Hao, X. and Qu, J.J., 2019. Monitoring extreme agricultural drought over the Horn of Africa (HOA) using remote sensing measurements. Remote Sensing, 11(8): 902.

Salazar, L., Kogan, F. and Roytman, L., 2008. Using vegetation health indices and partial least squares method for estimation of corn yield. International Journal of Remote Sensing, 29(1): 175-189.

Shen, R., Huang, A., Li, B. and Guo, J., 2019. Construction of a drought monitoring model using deep learning based on multi-source remote sensing data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 79: 48-57.

Silleos, N.G., Alexandridis, T.K., Gitas, I.Z. and Perakis, K., 2006. Vegetation indices: advances made in biomass estimation and vegetation monitoring in the last 30 years. Geocarto International, 21(4): 21-28.
Teweldebirhan Tsige, D., Uddameri, V., Forghanparast, F., Hernandez, E.A. and Ekwaro-Osire, S., 2019. Comparison of Meteorological-and Agriculture-Related Drought Indicators across Ethiopia. Water, 11(11): 2218.
Thenkabail, P.S. and Gamage, M., 2004. The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia, 85. Iwmi.
Tucker, C.J. and Choudhury, B.J., 1987. Satellite remote sensing of drought conditions. Remote sensing of Environment, 23(2): 243-251.
Vyas, S.S. et al., 2015. A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data. International journal of applied earth observation and geoinformation, 39: 28-39.
Wang, X. et al., 2018. A predictive model of equivalent temperature index for dairy cattle (ETIC). Journal of thermal biology, 76: 165-170.
West, H., Quinn, N. and Horswell, M., 2019. Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: Progress, past challenges and future opportunities. Remote Sensing of Environment, 232: 111291.
Zhou, X. et al., 2020. Developing a fused vegetation temperature condition index for drought monitoring at field scales using Sentinel-2 and MODIS imagery. Computers and Electronics in Agriculture, 168: 105144.